

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 日
Date of Application:

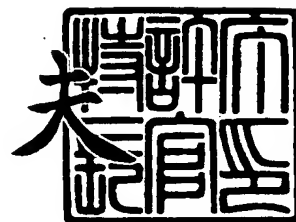
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 9 0 0 7 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 9 0 0 7 6]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 7 2 3 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 2015340185

【提出日】 平成14年10月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/22

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 奥村 智洋

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 中山 一郎

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 水野 文二

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 佐々木 雄一郎

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマドーピング方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマ発生装置を備えた真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路を介してプラズマ発生装置に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、真空容器内の試料電極に載置された試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマを発生させたままの状態でガス種、ガス流量、圧力、高周波電力の大きさのうち少なくとも一つの制御パラメータを変化させること

を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 2】 プラズマ発生装置を備えた真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、プラズマ発生装置用整合回路を介してプラズマ発生装置に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、真空容器内の試料電極に載置された試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマを発生させたままの状態でガス種、ガス流量、圧力、高周波電力の大きさのうち少なくとも一つの制御パラメータを変化させ、かつ、制御パラメータの変化を1秒乃至5秒かけて行うこと

を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 3】 プラズマを発生させたままの状態、ガス種を、ヘリウム以外の不活性ガスを含むガスからヘリウムを含むガスに変化させることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 4】 プラズマを発生させたままの状態、ガス種を、ドーピング原料ガスを含まないガスからドーピング原料ガスを含むガスに変化させることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 5】 プラズマを発生させたままの状態、圧力を第一の圧力から第二の圧力へ変化させるプラズマドーピング方法であって、第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング

方法。

【請求項 6】 プラズマを発生させたままの状態、高周波電力の大きさを第一の電力から第二の電力へ変化させるプラズマドーピング方法であって、第一の電力よりも第二の電力の方が大きいこと

を特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 7】 ヘリウム以外の不活性ガスとして、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることを特徴とする請求項 3 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 8】 第一の圧力が 1 乃至 10 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 1 Pa であることを特徴とする請求項 5 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 9】 第一の圧力が 2 乃至 5 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 0.5 Pa であることを特徴とする請求項 5 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 10】 第一の電力が、第二の電力の $1/100$ 乃至 $1/2$ であることを特徴とする請求項 6 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 11】 第一の電力が、第二の電力の $1/20$ 乃至 $1/5$ であることを特徴とする請求項 6 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 12】 真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、固体状の不純物から発生させたドーピング原料により試料または試料表面の膜中に不純物を導入すること

を特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 13】 試料がシリコンよりなる半導体基板であり、不純物が砒素、燐、ボロン、アルミニウムまたはアンチモンであること

を特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 14】 真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、プラズマ発生装置と、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路と、プラズマ発生装置にプラズマ発生装置用整合回路を介して高周波電力を供給する高周波電源とを備えたこと

を特徴とするプラズマドーピング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、不純物を半導体基板等の固体試料の表面に導入するプラズマドーピング方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

不純物を固体試料の表面に導入する技術としては、例えば、特許文献1に示されているように、不純物をイオン化して低エネルギーで固体中に導入するプラズマドーピング法が知られている。

【0003】

以下、図5を参照しながら従来の不純物導入方法としてのプラズマドーピング法について説明する。

【0004】

図5は、従来のプラズマドーピング法に用いられるプラズマドーピング装置の概略構成を示している。図5において、真空容器1内に、シリコン基板よりなる試料9を載置するための試料電極6が設けられている。真空容器1内に所望の元素を含むドーピング原料ガス、例えば B_2H_6 を供給するためのガス供給装置2、真空容器1内の内部を減圧するポンプ3が設けられ、真空容器1内を所定の圧力に保つことができる。マイクロ波導波管17より、誘電体窓としての石英板7を介して、真空容器1内にマイクロ波が放射される。このマイクロ波と、電磁石18から形成される直流磁場の相互作用により、真空容器1内に有磁場マイクロ波プラズマ（電子サイクロトロン共鳴プラズマ）19が形成される。試料電極6には、コンデンサ20を介して高周波電源10が接続され、試料電極6の電位が制御できるようになっている。

【0005】

このような構成のプラズマドーピング装置において、ガス供給装置2から導入されたドーピング原料ガス、例えば B_2H_6 は、マイクロ波導波管17及び電磁石

18から成るプラズマ発生手段によってプラズマ化され、プラズマ19中のボロニオンが高周波電源10によって試料9の表面に導入される。

【0006】

このようにして不純物が導入された試料9の上に金属配線層を形成した後、所定の酸化雰囲気の中において金属配線層の上に薄い酸化膜を形成し、その後、CVD装置等により試料9上にゲート電極を形成すると、例えばMOSトランジスタが得られる。

【0007】

【特許文献1】

米国特許4912065号公報

【特許文献2】

特開2000-309868号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の方式では、低濃度ドーピングが安定的に行えず、処理の再現性が悪いという問題点があった。ドーピング原料ガスを用いて低濃度ドーピングを行うには、真空容器内の圧力を下げるとともに、ドーピング原料ガスの分圧を小さくする必要がある。この場合、一般にはドーピング原料ガスを不活性ガスであるヘリウムで希釈する。ヘリウムイオンはスパッタリングイールドが小さいため、試料へのイオン照射ダメージが小さいという利点があるためである。ところが、ヘリウムガスは低圧力では放電が開始しにくいという難点があり、所望の低濃度ドーピング条件で処理することが難しかった。

【0009】

また、ドーピング原料ガスを用いずに不純物固体を用いて低濃度ドーピングを行うに際しても、真空容器内の圧力を下げることが必要である。不活性ガスとしてアルゴンを用いる場合には、ヘリウムに比べると低圧力でも放電が開始しやすいものの、所望の低濃度ドーピング条件で処理することが難しいことについては、ドーピング原料ガスを用いる場合と同様である。

【0010】

一方、特許文献2には、アルゴンガスを用いたスパッタリング装置において、着火ステップにおける真空容器内の圧力を高くして着火を確実に行う方法が記されているが、これを、プラズマドーピングのような、不純物に極めて敏感なプロセスにそのまま適用することはできない。

【0011】

確かに、着火性を改善するには、着火ステップにおける真空容器内の圧力を高くするなどして、着火ステップの放電条件とドーピングステップの放電条件を別条件とすることが有効であるが、圧力などを変化させたときの放電インピーダンスの変化が大きく、高周波電力のインピーダンス整合を行うための整合回路の動作が追従せず、大きな反射電力が発生してしまうという問題点があった。これは、一般に、整合回路は2つの可変インピーダンス素子として可動部をもつ可変コンデンサ（マイクロ波を用いる場合はスタブ）を用いているので、モーターが回転してインピーダンスを変化させるのに秒オーダーの時間を要するという事に起因している。反射電力の発生は、処理の再現性を低下させる原因となる。また、ノイズの発生の原因となる場合もあり、機器の誤動作を招くこともあった。或いは、可変コンデンサ（またはスタブ）の回転（運動）が行き過ぎて、プラズマが消滅してしまう場合もあった。

【0012】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、安定して低濃度ドーピングが可能で、再現性に優れたプラズマドーピング方法及び装置を提供することを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本願の第1発明のプラズマドーピング方法は、プラズマ発生装置を備えた真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路を介してプラズマ発生装置に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、真空容器内の試料電極に載置された試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマを発生させたま

まの状態でガス種、ガス流量、圧力、高周波電力の大きさのうち少なくとも一つの制御パラメータを変化させることを特徴とする。

【0014】

本願の第2発明のプラズマドーピング方法は、プラズマ発生装置を備えた真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、プラズマ発生装置用整合回路を介してプラズマ発生装置に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、真空容器内の試料電極に載置された試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマを発生させたままの状態でガス種、ガス流量、圧力、高周波電力の大きさのうち少なくとも一つの制御パラメータを変化させ、かつ、制御パラメータの変化を1秒乃至5秒かけて行うことを特徴とする。

【0015】

本願の第1または第2発明のプラズマドーピング方法において、好適には、プラズマを発生させたままの状態、ガス種を、ヘリウム以外の不活性ガスを含むガスからヘリウムを含むガスに変化させることが望ましい。この場合、好適には、ヘリウム以外の不活性ガスとして、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることが望ましい。

【0016】

或いは、プラズマを発生させたままの状態、ガス種を、ドーピング原料ガスを含まないガスからドーピング原料ガスを含むガスに変化させてもよい。

【0017】

或いは、プラズマを発生させたままの状態、圧力を第一の圧力から第二の圧力へ変化させるに際して、第一の圧力よりも第二の圧力の方が低くなるようにしてもよい。この場合、好適には、第一の圧力が1乃至10 Paであり、第二の圧力が0.01乃至1 Paであることが望ましい。更に好適には、第一の圧力が2乃至5 Paであり、第二の圧力が0.01乃至0.5 Paであることが望ましい。

【0018】

或いは、プラズマを発生させたままの状態、高周波電力の大きさを第一の電

力から第二の電力へ変化させるに際して、第一の電力よりも第二の電力の方が大きくなるようにしてもよい。この場合、好適には、第一の電力が、第二の電力の $1/100$ 乃至 $1/2$ であることが望ましい。更に好適には、第一の電力が、第二の電力の $1/20$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。

【0019】

或いは、真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、固体状の不純物から発生させたドーピング原料により試料または試料表面の膜中に不純物を導入してもよい。

【0020】

本願の第1または第2発明のプラズマドーピング方法は、試料がシリコンよりなる半導体基板であり、不純物が砒素、燐、ボロン、アルミニウムまたはアンチモンである場合にとくに有効なプラズマドーピング方法である。

【0021】

本願の第3発明のプラズマドーピング装置は、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、プラズマ発生装置と、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路と、プラズマ発生装置にプラズマ発生装置用整合回路を介して高周波電力を供給する高周波電源とを備えたことを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1実施形態について、図1乃至図3を参照して説明する。

【0023】

図1に、本発明の第1実施形態において用いたプラズマドーピング装置の断面図を示す。図1において、真空容器1内に、ガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ3により排気を行い、調圧弁4により真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源5により13.56 MHzの高周波電力を試料電極6に対向した誘電体窓7の近傍に設けられたプラズ

マ発生装置としてのコイル 8 に供給することにより、真空容器 1 内に誘導結合型プラズマが発生し、試料電極 6 上に載置された試料としてのシリコン基板 9 に対してプラズマドーピング処理を行うことができる。また、試料電極 6 に高周波電力を供給するための高周波電源 10 が設けられており、試料としての基板がプラズマに対して負の電位をもつように、試料電極 6 の電位を制御することができるようになっている。ターボ分子ポンプ 3 及び排気口 11 は、試料電極 6 の直下に配置されており、また、調圧弁 4 は、試料電極 6 の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ 3 の直上に位置する昇降弁である。試料電極 6 は、4 本の支柱 12 により、真空容器 1 に固定されている。なお、誘電体窓 7 の主成分は石英ガラスである。また、高周波電源 5 とコイル 8 の間にプラズマ発生装置用整合回路 13 が設けられている。

【0024】

図 2 にプラズマ発生装置用整合回路 13 の詳細図を示す。高周波電力が供給されると、センサー 14 からの信号に応じて、演算 15 は制御電圧をトロイダルコア 16 に出力する。すると、トロイダルコア 16 の透磁率が変化するため、高周波系のインダクタンスが変化し、望ましい整合状態へと移行することができる。整合に要する時間は 1 m s e c 以下である。これは、このプラズマ発生装置用整合回路 13 が、可動部をもたず、電気的な信号のみでインピーダンスを可変できるトロイダルコア 16 を用いているためである。

【0025】

基板 9 を試料電極 6 に載置した後、試料電極 6 の温度を 10℃ に保ちつつ、真空容器 1 内にヘリウムガスを 50 s c c m、ドーピング原料ガスとしてのジボラン (B_2H_6) ガスを 3 s c c m 供給し、真空容器 1 内の圧力を第一の圧力 = 2 P a に制御しながら、プラズマ源としてのコイル 8 に高周波電力を 150 W 供給することにより、真空容器 1 内にプラズマを発生させた。高周波電力の供給を開始してから 0.1 秒後に、プラズマを発生させたままの状態、真空容器 1 内を第一の圧力 (2 P a) よりも低い第二の圧力 = 1 P a にするために調圧弁を制御し、0.07 秒後に高周波電力を 800 W まで高めるとともに、試料電極に 200 W の高周波電力を供給することにより、ボロンを基板 9 の表面近傍に導入するこ

とができた。この処理のタイムチャートを図3に示す。このような処理を100回連続して行ったところ、ドーピング濃度の平均値は $2.5 \times 10^{13} \text{ atm/cm}^2$ であり、そのばらつきは $\pm 1.4\%$ であった。

【0026】

比較のため、従来の可変コンデンサを用いた整合回路で同様の条件で処理したところ、制御パラメータである圧力及び高周波電力を変化させたタイミングで大きな反射波が生じ、この反射波がばらつくために、100回連続して処理を行った際のドーピング濃度の平均値は $2.4 \times 10^{13} \text{ atm/cm}^2$ であり、そのばらつきは $\pm 2.8\%$ と大きかった。図3には、本実施形態と従来例における反射波の様子も示してある。

【0027】

このように、プラズマの着火を、ドーピングステップにおける圧力よりも高い圧力で行うことにより、安定した着火を実現することが可能となり、試料へのイオン照射ダメージが小さいヘリウム主体のプラズマを用いて、安定して低濃度ドーピングを行えるようになった。また、プラズマを着火させるステップにおいて、プラズマ源に供給する高周波電力を小さくしたことで、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができた。更に、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路を用いたため、制御パラメータを変化させても大きな反射波が生じず、再現性に優れた処理が行えた。

【0028】

以上述べた本発明の第1実施形態において、プラズマを着火させるステップにおいてヘリウム以外の不活性ガスを供給してもよい。この場合、ヘリウム以外の不活性ガスは、一般にヘリウムよりも着火下限圧力が低いので、より低圧力にてプラズマの着火が行えるという利点がある。

【0029】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、真空容器内にドーピング原料ガスを供給しないようにしてもよい。この場合も、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができるという利点がある。

【0 0 3 0】

次に、本発明の第2実施形態について、図4を参照して説明する。

【0 0 3 1】

本発明の第2実施形態において用いたプラズマドーピング装置は、図1及び図2と同様の構成であるため、ここでは説明を省略する。

【0 0 3 2】

基板9を試料電極6に載置した後、試料電極6の温度を10℃に保ちつつ、真空容器1内にヘリウムガスを50 s c c m、ドーピング原料ガスとしてのジボラン (B_2H_6) ガスを3 s c c m供給し、真空容器1内の圧力を第一の圧力=2 P aに制御しながら、プラズマ源としてのコイル8に高周波電力を200 W供給することにより、真空容器1内にプラズマを発生させた。高周波電力の供給を開始してから0.5秒後に、プラズマを発生させたままの状態、真空容器1内を第一の圧力(2 P a)よりも低い第二の圧力=1 P aにするために調圧弁の開度を徐々に大きくするとともに、高周波電力を800 Wまで徐々に高めた。このように、制御パラメータを2.0秒かけてゆっくりと変化させた後、試料電極に200 Wの高周波電力を供給することにより、ボロンを基板9の表面近傍に導入することができた。この処理のタイムチャートを図4に示す。このような処理を100回連続して行ったところ、ドーピング濃度の平均値は $2.5 \times 10^{13} \text{ a t m} / \text{c m}^2$ であり、そのばらつきは±0.9%であった。

【0 0 3 3】

このように、プラズマの着火を、ドーピングプロセスにおける圧力よりも高い圧力で行うことにより、安定した着火を実現することが可能となり、試料へのイオン照射ダメージが小さいヘリウム主体のプラズマを用いて、安定して低濃度ドーピングを行えるようになった。また、プラズマを着火させるステップにおいて、プラズマ源に供給する高周波電力を小さくしたことで、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができた。更に、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路を用いたため、制御パラメータを変化させても大きな反射波が生じず、再現性に優れた処理が行えた。また、制御パラメータを2.0秒かけてゆっくりと変化さ

せたため、インピーダンスの変化がゆるやかになり、生じる反射波を本発明の第1実施形態よりも更に小さくすることができ、再現性が高まった。

【0034】

以上述べた本発明の第1実施形態において、プラズマを着火させるステップにおいてヘリウム以外の不活性ガスを供給してもよい。この場合、ヘリウム以外の不活性ガスは、一般にヘリウムよりも着火下限圧力が低いので、より低圧力にてプラズマの着火が行えるという利点がある。

【0035】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、真空容器内にドーピング原料ガスを供給しないようにしてもよい。この場合も、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができるという利点がある。

【0036】

また、制御パラメータの変化を2秒かけて行う場合を例示したが、制御パラメータの変化は1秒乃至5秒かけて行うことが好ましい。制御パラメータの変化が1秒未満で行われると、可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路を用いず、可変コンデンサを備えたプラズマ発生装置用整合回路を用いた場合、大きな反射波が生じることがある。制御パラメータの変化が5秒より長い時間をかけて行われると、処理タクトの悪化を招き、生産性が低下する。

【0037】

以上述べた本発明の実施形態においては、本発明の適用範囲のうち、真空容器の形状、プラズマ源の方式及び配置等に関して様々なバリエーションのうちの一部を例示したに過ぎない。本発明の適用にあたり、ここで例示した以外にも様々なバリエーションが考えられることは、いうまでもない。

【0038】

例えば、コイルを平面状としてもよいし、ヘリコン波プラズマを用いてもよく、或いは、磁気中性ループプラズマを用いることも可能である。

【0039】

また、真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、固体状の不純物から発生

させたドーピング原料により試料または試料表面の膜中に不純物を導入してもよい。

【0040】

また、プラズマを発生させたままの状態に変化させる制御パラメータが、ガス種、ガス流量、圧力、高周波電力の大きさのうち少なくとも一つの制御パラメータである場合に本発明はとくに有効である。

【0041】

また、プラズマを発生させたままの状態、圧力を第一の圧力から第二の圧力へ変化させる場合、第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことが好ましく、更に着火を確実にを行うとともに、低濃度ドーピングを実現するためには、第一の圧力が1乃至10 Paであり、第二の圧力が0.01乃至1 Paであることが望ましい。更に、第一の圧力が2乃至5 Paであり、第二の圧力が0.01乃至0.5 Paであることが望ましい。

【0042】

また、ヘリウム以外の不活性ガスを用いる場合、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることが望ましい。これらの不活性ガスは、試料への悪影響が他のガスよりも小さいという利点がある。

【0043】

また、着火ステップにおけるプラズマ源に供給する高周波電力を小さくする場合、着火を確実にを行うとともに、着火ステップにおける試料への悪影響を抑制して、低濃度ドーピングを実現するためには、着火ステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、ドーピングステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の1/100乃至1/2であることが望ましい。更に、着火ステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、ドーピングステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の1/20乃至1/5であることが望ましい。

【0044】

また、真空容器内にドーピング原料ガスを供給する場合、低濃度ドーピングを実現するためには、ドーピング原料ガスの分圧が、ドーピングステップにおける

真空容器内の圧力の $1/1000$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。更に、ドーピング原料ガスの分圧が、ドーピングステップにおける真空容器内の圧力の $1/100$ 乃至 $1/10$ であることが望ましい。

【0045】

また、試料がシリコンよりなる半導体基板である場合を例示したが、他の様々な材質の試料を処理するに際して、本発明を適用することができる。

【0046】

また、不純物がボロンである場合について例示したが、試料がシリコンよりなる半導体基板である場合、とくに不純物が砒素、燐、ボロン、アルミニウムまたはアンチモンである場合に本発明は有効である。これは、トランジスタ部分に浅い接合を形成することができるからである。

【0047】

また、本発明は、ドーピング濃度が低濃度である場合に有効であり、とくに、 $1 \times 10^{11}/\text{cm}^2$ 乃至 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^2$ を狙いとしたプラズマドーピング方法として有効である。また、 $1 \times 10^{11}/\text{cm}^2$ 乃至 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ を狙いとしたプラズマドーピング方法として、とくに格別の効果を奏する。

【0048】

また、本発明は、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマを用いる場合にも有効ではあるが、ECR プラズマを用いない場合にとくに有効である。ECR プラズマは低圧力でもプラズマが着火しやすいという利点があるが、試料付近の直流磁界が大きいと、電子とイオンの荷電分離が生じやすく、ドーピング量の均一性が劣るという欠点があるためである。つまり、本発明を ECR プラズマを用いず、他の高密度プラズマ源を用いたプラズマドーピング方法に適用することにより、均一性に優れた低濃度ドーピングを実現することができる。

【0049】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本願の第1発明のプラズマドーピング方法によれば、プラズマ発生装置を備えた真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコア

を備えたプラズマ発生装置用整合回路を介してプラズマ発生装置に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、真空容器内の試料電極に載置された試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマを発生させたままの状態でガス種、ガス流量、圧力、高周波電力の大きさのうち少なくとも一つの制御パラメータを変化させるため、安定して低濃度ドーピングが可能で、再現性に優れたプラズマドーピング方法を提供することができる。

【0050】

また、本願の第2発明のプラズマドーピング方法によれば、プラズマ発生装置を備えた真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、プラズマ発生装置用整合回路を介してプラズマ発生装置に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、真空容器内の試料電極に載置された試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマを発生させたままの状態でガス種、ガス流量、圧力、高周波電力の大きさのうち少なくとも一つの制御パラメータを変化させ、かつ、制御パラメータの変化を1秒乃至5秒かけて行うため、安定して低濃度ドーピングが可能で、再現性に優れたプラズマドーピング方法を提供することができる。

【0051】

また、本願の第3発明のプラズマドーピング装置によれば、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、プラズマ発生装置と、2つの可変インピーダンス素子として可動部をもたないトロイダルコアを備えたプラズマ発生装置用整合回路と、プラズマ発生装置にプラズマ発生装置用整合回路を介して高周波電力を供給することができる高周波電源とを備えたため、安定して低濃度ドーピングが可能で、再現性に優れたプラズマドーピング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図 2】

本発明の実施形態で用いた整合回路の詳細図

【図 3】

本発明の第 1 実施形態におけるタイムチャート

【図 4】

本発明の第 2 実施形態におけるタイムチャート

【図 5】

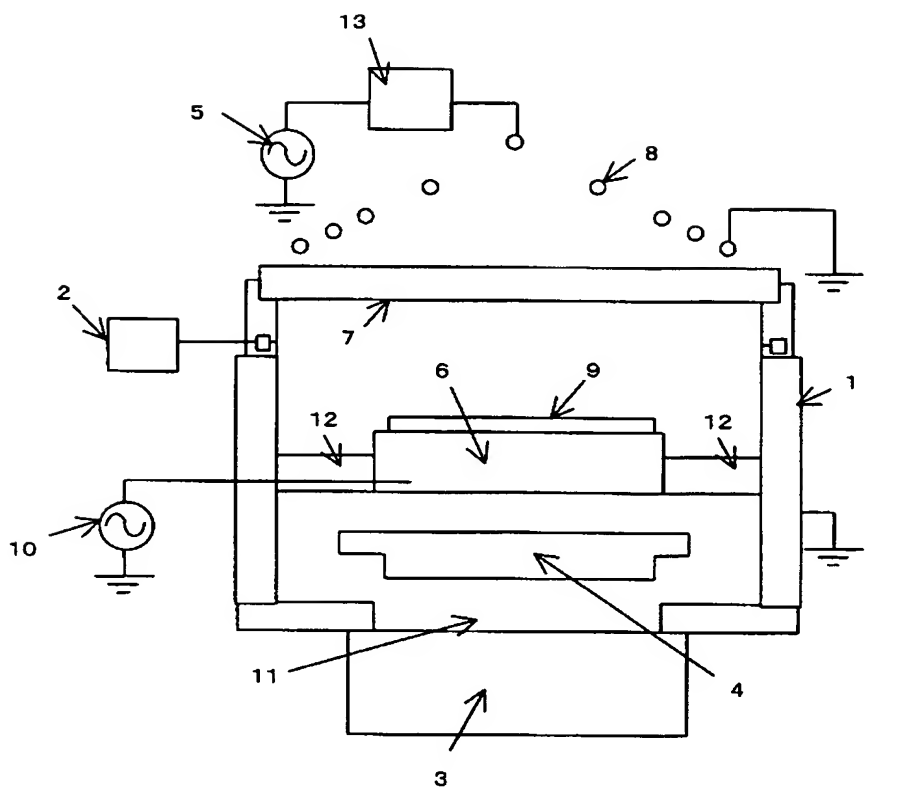
従来例で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【符号の説明】

- 1 真空容器
- 2 ガス供給装置
- 3 ターボ分子ポンプ
- 4 調圧弁
- 5 高周波電源
- 6 試料電極
- 7 誘電体窓
- 8 コイル
- 9 基板
- 10 高周波電源
- 11 排気口
- 12 支柱
- 13 プラズマ発生装置用整合回路

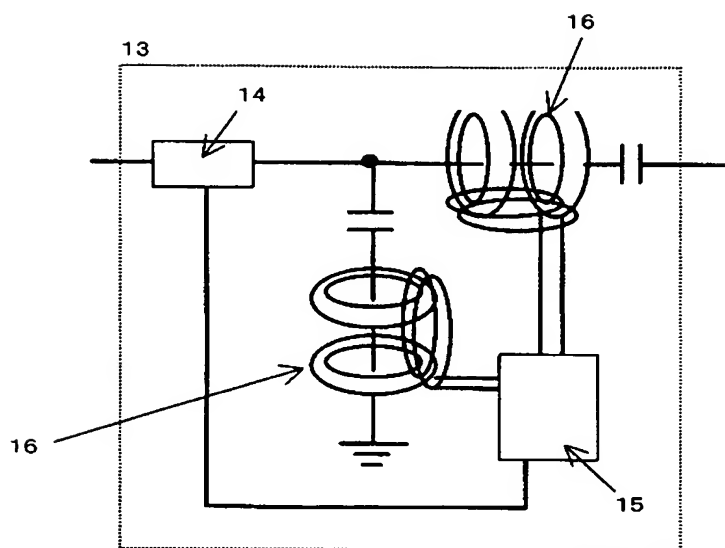
【書類名】 図面

【図 1】

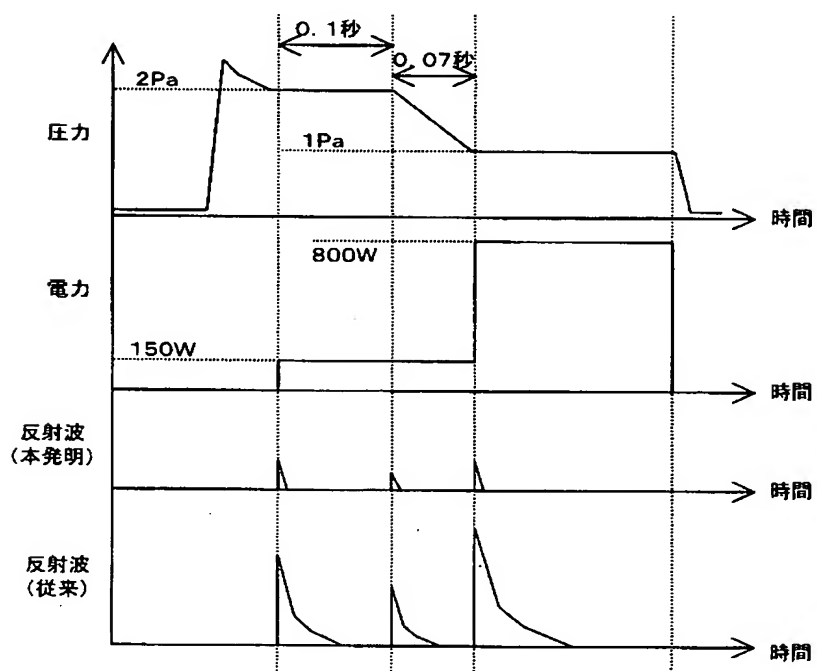


- | | |
|------------|------------------|
| 1…真空容器 | 8…コイル |
| 2…ガス供給装置 | 9…基板 |
| 3…ターボ分子ポンプ | 10…高周波電源 |
| 4…調圧弁 | 11…排気口 |
| 5…高周波電源 | 12…支柱 |
| 6…試料電極 | 13…プラズマ発生装置用整合回路 |
| 7…誘電体窓 | |

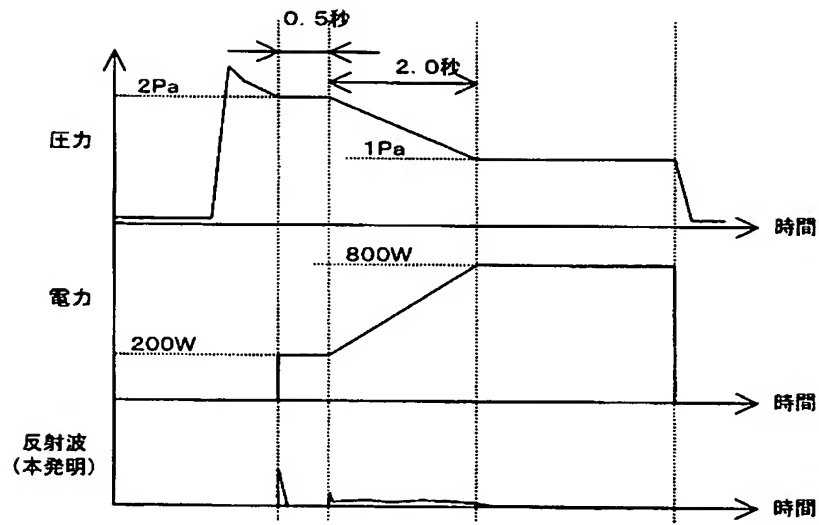
【図 2】



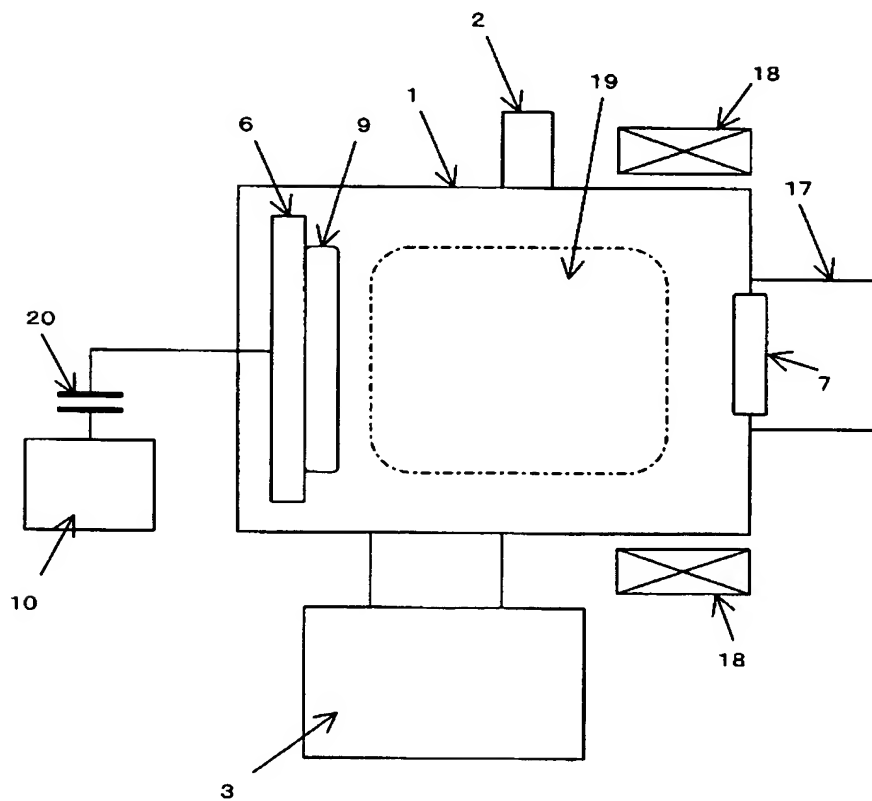
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 安定して低濃度ドーピングが可能で、再現性に優れたプラズマドーピング方法及び装置を提供する。

【解決手段】 真空容器 1 内にガス供給装置 2 より所定のガスを導入しつつポンプ 3 で排気を行い、真空容器 1 内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源 5 により高周波電力を、コイル 8 に印加すると、真空容器 1 内にプラズマが発生する。その後、真空容器 1 内の圧力を徐々に下げるとともに高周波電力を徐々に増加し、試料電極 6 上に載置された基板 9 に対して低濃度のプラズマドーピングを行う。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 9 0 0 7 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社